

서버 컴퓨터 에너지 인증제도와 효율성 향상 방안에 관한 연구

황세진, 서병준, 한주연

TTA(한국정보통신기술협회)

hsejin314@tta.or.kr, sbj8388@tta.or.kr, hanjy@tta.or.kr

A Study on the Server Computer Energy Certification systems and the Improvement of Efficiency

Hwang Sejin, Seo Byoungjun, Han Juyeon

Telecommunications Technology Association

요약

디지털전환, 클라우드 컴퓨팅 및 인공지능 서비스의 발전으로 인해 데이터 센터와 컴퓨팅 장비가 현대 사회에서 필수적인 인프라로 자리잡고 있으나, 이로 인한 막대한 에너지 소비와 환경적 영향이 문제가 되고 있다. 이에 미국, 유럽, 일본, 중국 등 선진국에서는 에너지 효율성을 높이기 위한 다양한 투자와 연구를 하고 있으며 이를 평가하고 규제하는 인증 제도 또한 시행 중이다. 본 논문에서는 주요 선진국에서 시행 중인 데이터 센터 서버 에너지 효율성 인증제도의 현황을 검토하고, 컴퓨터 서버의 인증제도가 활용하는 에너지 효율 측정방법론과 벤치마크 도구에 관해 기술한다. 또한 컴퓨터 서버의 높은 에너지 효율성에 필요한 설정과 그 여부에 따른 효과를 탐구한다. 또한 이 실험을 통해 에너지 효율적인 설정이 서버의 에너지 소모를 줄이고 환경에 미치는 영향을 감소시킬 수 있음을 실증적으로 보여준다. 본 논문은 데이터 센터와 서버의 에너지 효율성 개선을 위한 벤치마크 방법론과 인증제도의 중요성을 강조하며, 향후 연구에서는 더 다양한 컴퓨팅 장비의 에너지 효율성 측정 및 개선 방안을 모색할 것을 제안한다.

1. 서론

디지털전환, 클라우드 컴퓨팅 및 인공지능 서비스 등의 사업이 활발하게 발전하고 보편화되면서 데이터 센터와 서버는 현대 사회에서 필수적인 인프라로 자리 잡고 있다. 하지만 이들은 막대한 에너지를 소비하며, 이에 따른 환경적 영향도 크다는 문제가 대두되고 있다. 이에 따라 데이터 센터와 서버의 에너지 효율성을 높이기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다. 그 예로, 미국, 유럽, 일본, 중국 등의 선진국에서는 데이터 센터의 서버 에너지 효율성을 평가하고 규제하기 위한 규제와 관련 인증제도를 정부의 주도하에 시행 중이다. 이를 통해 서버 제조업체들은 에너지 효율성을 높이기 위해 노력하고 있으며, 데이터 센터 운영자들도 에너지 효율적인 서버 도입을 장려하고 있다. 본 논문에서는 서버 에너지 인증제도의 필요성과 주요 국가의 동향, 그리고 간단한 실험 결과를 통해 에너지 효율성을 고려한 컴퓨팅 장비의 사용 효과에 대해 살펴보고자 한다. 그리고 이를 통해 서버 에너지 효율성 향상을 위한 방안을 모색하고자 한다.

2. 본론

2.1. 주요 국가 서버 에너지 인증제도

미국, 유럽 그리고 일본이나 중국 등의 선진국에서는 데이터 센터의 에너지 효율성을 높이고, 환경 영향을 줄이기 위한 목적으로 데이터 센터 서버 제품군에 대해 에너지 효율성 인증제도를 운영하고 있다. 이러한 인증제도는 각 국가의 환경 정책, 에너지 소비패턴, 기술 발전 수준 등에 따라 차이를 보이며 각 국가는 미국의 환경보호국과 에너지부가 공동으로 기획한 ENERGY STAR 프로그램의 컴퓨터 서버 효율성 기준을 차용한 것을 적용하여 운영 중이며 국가별 서버 에너지 효율성 인증제도는 아래[표 1]와 같다[1].

표 1. 주요 국가 컴퓨터 서버 에너지 효율성 인증제도

국가	인증제도 (주무 부처)	내용 및 특징	서버 제품 인증 기준 및 방법
미국	ENERGY STAR [®] for Computer Servers (DOE)	미국의 에너지 효율라벨 인증 프로그램인 에너지 스타에서 서버의 에너지 효율성을 높이기 위해 설계됨	SERT v2.0 (EffACTIVE Score)
유럽	ErP Lot 9 (European Commission)	에너지 스타 기반으로 서버 제품 인증 기준을 Ecodesign 요구사항에 반영	SERT v2.0 (Effserver Score)
일본	Top-Runner Program (METI)	에너지 스타 기반으로 서버 제품 인증 기준을 차용하여 평가하고 규제	SERT v2.0 (Effserver Score)
중국	에너지 효율 라벨링 (중국시장감독관리총국)	대상제품의 에너지 효율 인증 의무화 관련 제도 * 2024년 에너지스타 기반의 컴퓨터 서버 기준 추가	BenchSEE v2.0 (Eserver Score)
한국	대기전력저감프로그램 (에너지관리공단)	서버를 포함한 전자제품의 대기전력 저감을 인증하고 신고해야 하는 제도	대기전력 저감프로그램 운용 규정 준수 검인증

미국의 에너지스타 인증은 에너지 효율 지침을 만족하는 제품에 대해 에너지 스타 마크를 부착하는 제도이다. 이 제도는 가전, 건축자재, 컴퓨터, 전자장치, 냉난방기기, 펌프 등에 대해 자율 인증제도가지만, 에너지 절약과 인증 장려를 위해 인증에 대해 세금 공제 및 리베이트를 통한 환급 등의 혜택을 부여하고 있다. 에너지 스타의 컴퓨터 서버 제품인증은 서버의 에너지 효율성을 높이기 위해 미국의 SPEC과 함께 고효율 데이터 센터 서버 인증 기준과 표준(ISO_IEC_21836)을 제정하여 도입했다. SPEC은 고효율 컴퓨터 서버의 인증 기준과 표준을 제정하는 단체이다. 이 인증은 효율성이 높은 전원 공급장치, 고급 전원관리 기능, 활성 상태 에너지 효율 및 낮은 대기전력을 평가한다. 또한 활성 상태의 에너지 효율성을 평가하기 위해 서버 에너지 효율성 평가 도구(SERT)를 개발하여 보급하였으며 컴퓨터 서버의 CPU, Memory 및 Storage를 평가하기 위해 항목마다 가중치를 두어 11종의 부하를 수행하여 부하 처리량의 단계별 에너지 효율성을 산출하여 평가한다.

그 외 유럽, 일본 및 중국에서도 컴퓨터 서버의 에너지 절약 및 효율성에 대한 기준을 마련하기 위해 미국 에너지 스타와 협약을 통한 상호인증 및 인증제도를 차용 하여 국가별로 운영중에 있다. 하지만 한국의 경우, 에너지 공단의 대기전력 저감 프로그램을 통해 컴퓨터 서버의 대기전력을 평가하고 인증하는 제도를 운영하고 있으나, 컴퓨터 서버의 사용 측면의 활성 상태 에너지 효율성에 대한 평가 및 인증제도는 전무한 상황이다.

2.2. 서버 에너지 효율성 평가 도구 - SERT[®]

SPEC에서 개발된 SERT(Server Efficiency Rating Tool)는 미국의 에너지 스타 프로그램과 EU의 Lot9 EcoDesign 규정, 그리고 일본의 Top Runner 프로그램의 컴퓨터 서버 효율성을 평가하는 범용적인 평가 도구로 사용된다. SERT는 11종의 부하에 대해 각 부하에 사용되는 주 장치에 따라 CPU, Memory, Storage로 분류하여 각각 가중치를 주어 효율성을 환산한다.

$$SERTv2 = \exp(0.65 * \ln[Eff_{CPU}] + 0.30 * \ln[Eff_{Mem}] + 0.05 * \ln[Eff_{Stor}]) \quad (1)$$

11종의 부하는 아래의 [표 2]와 같이 CPU, Memory, Storage에 따라 분류되어 11종의 상세 부하모델이 구분되어 있다[2].

표 2. 실험 환경(HW, SW) 정보

워크로드	설명
CPU	Compress: 데이터 압축/압축 해제에 대한 트랜잭션 부하
	CryptoAES: AES/DES 블록 암호화/복호화 트랜잭션 부하
	LU: 행렬의 LU 분해 연산 트랜잭션 부하
	SHA256: 표준 JAVA 기능을 활용한 SHA256 암호화 트랜잭션 부하
	SOR: 야코비 완화가속법 연산 트랜잭션 부하
	SORT: 64bit 정수 배열 분류 연산 트랜잭션 부하
MEM	SSJ: Server Side Java Operation 트랜잭션 부하 * 가장의 전자상거래 시뮬레이션 수행
	Flood3: 복사, 곱셈, 덧셈, 복합 연산 트랜잭션 부하를 통해 메모리 대역폭을 확인
Storage	Capacity3: XML파일 검증 트랜잭션 부하를 통해 메모리 성능 확인
	Random: 무작위 파일 읽기 쓰기에 대한 IO 트랜잭션 부하
	Sequential: 순차 파일 읽기 쓰기에 대한 IO 트랜잭션 부하

3. 실험 환경 구성

에너지 스타는 컴퓨터 서버의 에너지 스타 인증 라벨을 획득한 제품이 에너지 절약 설정을 활성화 했을 때, 약 30% 정도의 에너지 절약 효과를 가져올 수 있다고 한다[3]. 이를 확인하기 위해 컴퓨터 서버의 에너지 효율 설정값에 따른 SERT 벤치마크의 에너지 효율성 점수 차이를 비교해 보고자 한다. 설정에 따른 효율성 성능 수치 비교분석을 위해 실험을 진행하였으며, 실험 환경 정보는 [표 3], [표 4]와 같다.

표 3. 실험 대상 환경(HW, SW) 정보

하드웨어(HW)			소프트웨어(SW)		
CPU	AMD EPYC 7F72 24-Core * 2EA		OS	Rocky Linux 9.3	
MEM	128 GB, DDR4 RDIMM	STORAGE 3.2 TB, M.2 NVMe	Platform	OpenJDK 1.8.0	SERT 2.0.7

표 4. 테스트 환경 정보

컨트롤러 서버			계측기		
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10700K CPU @ 3.80GHz		전력 계측기	YOKOGAWA - WT310E	
MEM	32 GB	STORAGE 500 GB M.2 NVMe	온도 센서	iButtonLink - LinkUSB, T-Probe	

4. 규모 분석 및 실험 결과

본 실험은 컴퓨터 서버의 에너지 효율성 인증 제품과 미인증 제품의 차이가 아닌, 에너지 효율 설정값에 따른 컴퓨팅 연산의 에너지 효율성 점수를 확인하기 위해 CPU Governor(커널 단에서의 CPU 주파수/전압 제어 정책), Overclock, P-state(동적 주파수 변경), 및 C-state(절전모

드)의 변경을 통해 가장 효율적인 옵션과 비효율적인 상태에서 SERT의 에너지 효율성 점수를 비교하였다. 결과부터 살펴보면, 에너지 고효율 설정 상태에서의 에너지 효율성 점수는 28.8 점으로 에너지 고효율 미설정 상태에서의 점수 23.5점보다 약 22.5% 높은 것으로 확인되었다. 그리고 에너지 고효율 미설정 상태에서의 대기전력은 247.2 W로, 에너지 고효율 설정 상태의 대기 전력(135.9 W) 보다 약 82% 높은 것으로 확인되었다. 대기전력 값은 에너지 효율성 점수 산정에 반영되지 않으며 추가적인 참고를 위해 측정된다.

표 5. 실험 환경(HW, SW) 정보

에너지 고효율 설정 A				에너지 고효율 미설정 B			
Score	23.5	CPU Governor	PowerSave	Score	28.8	CPU Governor	Performance
Overclock	Disable	Global C-state	Enable	Overclock	Enable	Global C-state	Disable

이는 동일 장비에서 고효율 설정을 통한 운용은 SPEC의 서버 에너지 효율성 평가 도구(SERT)가 정의하는 일반적인 작업을 수행했을 때, 22.5%만큼 더 효율적으로 작업을 수행할 수 있음을 예상할 수 있다. 또한, 대기전력은 111.3 W가 절감되기 때문에 서버가 약 50% 시간 동안 대기 상태이고 전기비용이 150원/kWh라고 가정한다면 이 설정은 서버당 대기전력 절감으로만 연간 약 490kWh, 73,500원을 절약할 수 있을 것이다. [4]

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 증가하는 데이터 센터의 에너지 사용량과 탄소 배출량을 감소하기 위해 주요 국가들의 컴퓨팅 장비(컴퓨터 서버)의 에너지 효율성 인증제도와 그 벤치마크 방법론을 간략하게 소개하고, 벤치마크 방법론을 통한 컴퓨터 서버의 성능 확인과 에너지 고효율 성능에 대한 효과에 관해 확인하였다. 본 실험에 사용된 컴퓨터 서버는 고성능 컴퓨팅(HPC) 목적으로 설계된 장비로서, 에너지 스타 미인증 제품으로 실험하였다. 따라서, 에너지 스타 인증 컴퓨터 서버의 에너지 효율성 개선 효과는 본 실험의 효과보다 크게 나타날 것으로 기대된다. 이번 연구에서는 CPU의 효율적인 사용을 통한 에너지 절감을 확인하였다. 본 연구를 바탕으로, CPU뿐만 아니라 스토리지, 메모리 및 네트워크의 에너지 효율적 사용을 통한 에너지 효율성 개선에 관한 연구를 진행할 예정이다. 이를 통해 컴퓨터 서버의 효율적 운영을 촉진시켜 데이터 센터의 에너지 절약 및 탄소 배출량 감소에 기여할 수 있는 토대를 마련하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 “과학기술정보통신부”의 재원으로 “정보통신기술평가원”의 지원을 받아 수행된 연구임[세부사업: 정보통신융합산업-ICT산업기반확충(정진)-글로벌ICT혁신클러스터조성-HPC이노베이션허브]

참고 문헌

- [1] 한주연, 황세진, "서버 에너지 효율성 확보를 위한 기술 검토 및 정책 방향 제언", 2024, 한국정보통신기술협회 정책연구.
- [2] Ryan Fogle, "How to Measure Server Efficiency with SERT, ENERGY STAR", (<http://www.energystar.gov>).
- [3] The Cadmus Group, "Energy Savings from ENERGY STAR-QUALIFIED Servers", Aug 2010, (<http://www.energystar.gov>).
- [4] "ENERGY STAR's Certification: The Path to a More Efficient Data Center", 2021, SMART ENERGY DECISIONS